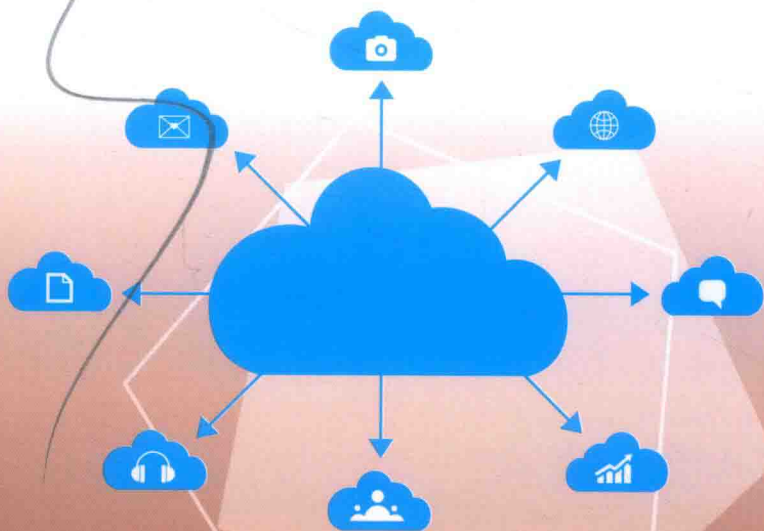


云计算与虚拟化技术应用的 综合分析

◎ 聂晶 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NNUPRESS.COM

东北师范大学出版社

云计算与虚拟化技术应用的综合分析

聂晶 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NNUP.COM

东北师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

云计算与虚拟化技术应用的综合分析 / 聂晶著. --
长春: 东北师范大学出版社, 2017.12
ISBN 978-7-5681-2740-0

I. ①云… II. ①聂… III. ①云计算—研究②数字技术—
研究 IV. ①TP393.027②TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第302057号

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 责任编辑: 卢永康 | <input type="checkbox"/> 封面设计: 优盛文化 |
| <input type="checkbox"/> 责任校对: 李倩 | <input type="checkbox"/> 责任印制: 张允豪 |

东北师范大学出版社出版发行
长春市净月经济开发区金宝街118号(邮政编码: 130117)
销售热线: 0431-84568036
传真: 0431-84568036
网址: <http://www.nenup.com>
电子函件: sdcbs@mail.jl.cn
河北优盛文化传播有限公司装帧排版
北京一鑫印务有限责任公司
2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷
幅画尺寸: 170mm×240mm, 印张: 12.75 字数: 237千

定价: 46.00元



聂晶 (1975-)

黑龙江哈尔滨人，南宁职业技术学院信息工程学院副院长、副教授，工程硕士，研究方向为云计算、云存储、计算机应用、高等职业教育

近年来，获得省级教学成果一等奖1项、二等奖1项，三等奖1项，主持、参与省级以上科研课题、项目30多项，发表论文20余篇，主编出版教材2部，获得实用新型专利、软件著作权6项，指导学生获得省级以上技能竞赛奖励20余项

前言

随着网络带宽的不断增长，通过网络访问非本地的计算服务（包括数据处理、存储和信息服务等）的条件越来越成熟，于是就有了“云计算”。之所以称作“云”，是因为计算设施不在本地而在网络中，用户不需要关心它们所处的具体位置，于是就像以前画网络图那样，用“一朵云”来代替了。其实，云计算模式的形成由来已久（Google 公司从诞生之初就采用了这种模式），但只有当宽带网普及到一定程度，且网格计算、虚拟化、SOA 和容错技术等成熟到一定程度并融为一体，又有业界主要大公司的全力推动和吸引人的成功应用案例时，它才如同一颗新星闪亮登场。

云计算（Cloud Computing）是基于互联网的相关服务的增加、使用和交付模式，通常涉及通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源。云是网络、互联网的一种比喻说法，过去在图中往往用云来表示电信网，后来也用来表示互联网和底层基础设施的抽象。因此，云计算甚至可以让人体验每秒 10 万亿次的运算能力，拥有这么强大的计算能力可以模拟核爆炸、预测气候变化和市场发展趋势。用户通过电脑、笔记本、手机等方式接入数据中心，按自己的需求进行运算。

对云计算的定义有多种说法。对于到底什么是云计算，至少可以找到 100 种解释。现阶段，广为接受的是美国国家标准与技术研究院（NIST）定义：云计算是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作，或服务供应商进行很少的交互。

云计算的影响是深远的，它将彻底改变 IT 产业的架构和运行方式。虚拟化实现了 IT 资源的逻辑抽象和统一表示，在大规模数据中心管理和解决方案交付方面发挥着巨大的作用，是支撑云计算伟大构想的最重要的技术基石。

本书围绕虚拟化技术与云计算进行分析，先通过分析云计算的起源与发展来了解云计算，再分析、研究特征模型、云计算机制以及与云计算密切相关的虚拟化技术，通过对服务器虚拟化、储存虚拟化、网络虚拟化、桌面虚拟化的理论与实践分析，结合虚拟化与云计算安全研究，从而了解绿色云计算。最后，结合 Google 云计算和虚拟化技术的实践，探索云计算的应用前景。

由于时间仓促，笔者水平有限，本书难免存在不足之处，在此出版之际，我们真诚地希望读者对本书提出宝贵的意见和建议。



目 录

第一章 云计算的概述 / 001

第一节 云计算的起源与影响 / 001

第二节 基本概念与术语 / 005

第三节 角色与边界 / 008

第四节 目标与收益 / 010

第二章 云计算的特征模型与发展 / 013

第一节 云特性 / 013

第二节 云交付模型 / 015

第三节 云部署模型 / 017

第四节 云计算的挑战与发展 / 018

第三章 虚拟化技术 / 022

第一节 虚拟化技术简介 / 022

第二节 服务器虚拟化分析 / 023

第三节 存储虚拟化分析 / 029

第四节 网络虚拟化分析 / 031

第五节 桌面虚拟化分析 / 034

第四章 面向传感器的虚拟化技术应用研究 / 037

第一节 传感网虚拟化体系结构及解决方案 / 037

| | | |
|------------|----------------------------------|--------------|
| 第二节 | 基于 SNMP 的传感网通信协议的改进 | / 042 |
| 第三节 | 传感网虚拟化系统的设计与实现 | / 048 |
| 第五章 | 基于云计算的传感器智能车辆导航系统研究 | / 054 |
| 第一节 | 智能车导航定位系统的特征分析 | / 054 |
| 第二节 | 基于机器视觉筛选 GPS 卫星信号的组合导航方案 | / 064 |
| 第三节 | 基于云计算的 GPS 定位系统的实现与测试 | / 071 |
| 第四节 | 智能车与智能手机软件的结合 | / 078 |
| 第六章 | 云计算中虚拟化技术在移动互联网桌面系统中的应用分析 | / 083 |
| 第一节 | 基于云计算的移动互联网架构分析 | / 083 |
| 第二节 | 移动互联网虚拟化平台架构与设计 | / 091 |
| 第三节 | 系统应用设计与实现 | / 095 |
| 第七章 | 虚拟化技术与云计算安全解析 | / 098 |
| 第一节 | 安全基础分析 | / 098 |
| 第二节 | 虚拟环境的威胁 | / 102 |
| 第三节 | 设计安全的虚拟网络 | / 106 |
| 第四节 | 保护虚拟机 | / 120 |
| 第五节 | 云内灾难恢复机制 | / 124 |
| 第八章 | Google 云计算原理及应用分析 | / 129 |
| 第一节 | Google 文件系统 GFS | / 129 |
| 第二节 | 分布式数据和处理 | / 134 |
| 第三节 | 分布式锁服务 | / 139 |
| 第四节 | 分布式结构化数据表 | / 147 |
| 第五节 | 分布式存储系统 | / 154 |
| 第六节 | 内存大数据分析系统 | / 164 |
| 第九章 | 云计算的未来展望 | / 171 |
| 第一节 | 云计算对未来 IT 产业的影响 | / 171 |

| | | | |
|-----|---------------|---|-----|
| 第二节 | 云计算带来的变革 | / | 177 |
| 第三节 | 展望未来的云数据中心 | / | 179 |
| 第四节 | 云计算对企业信息生命的影响 | / | 185 |
| 第五节 | 云开放的契机 | / | 188 |

| | | |
|------|---|-----|
| 参考文献 | / | 195 |
|------|---|-----|

第一章 云计算的概述

第一节 云计算的起源与影响

一、简要历史

1961年，John McCarthy 提出了“云”的说法，他说：“如果我倡导的计算机能在未来得到使用，那么有一天，计算也可能像电话一样成为公用设施。计算机应用（computer utility）将成为一种全新的、重要的产业的基础。”

1969年，科学家 Leonard Kleinrock 表示：“现在，计算机网络还处于初期阶段，但是随着网络的进步和复杂化，我们将可能看到‘计算机应用’的扩展……”。

20世纪90年代早期，在整个网络行业出现了“网络云”或“云”这一术语，但其含义与现在的略有不同。它是指异构公共或半公共网络中数据传输方式派生出的一个抽象层，其中的网络主要使用分组交换。此时，组网方式支持数据从一个端点（本地网络）传输到“云”（广域网），然后继续传递到特定端点。这是较早采用的奠定效能计算基础的概念。

20世纪90年代中期，互联网开始进入人们的生活，搜索引擎、E-mail 等新鲜的词汇成为互联网的专有用语。互联网可以说是一个开放式的平台，无论专业的编程人员还是普通大众都可查看网络代码，这对许多学习编程的人是一个极大的鼓励。伴随着互联网的出现，与之相关的发布平台（Facebook、YouTube）、社交媒体（Twitter、LinkedIn）等相继问世。尤其是 Facebook，它与我国的 QQ 类似，是一种社交交互软件，拉近了人与人之间的距离。网络平台、社交媒体以用户为中心，它们对“云计算”概念的形成与发展起到了关键性的作用。20世纪90年代

后期，企业远程提供的概念出现，到2002年，亚马逊启动了 Amazon Web 服务平台，这是一个面向企业，为其提供远程配置存储功能以及计算资源的平台。

直到2006年，商业领域中才开始引用“云计算”。此时，亚马逊（Amazon）首次推出了弹性计算云服务，使得企业可以通过“租赁”计算容量和处理能力来运行其应用程序。同年，Google 紧随其后推出了一个基于浏览器的企业应用服务，这为应用引擎奠定的基础。

二、定义

Gartner 公司在其报告中将云计算放在战略技术领域的前沿，进一步重申了云计算是整个行业的发展趋势。在这份报告中，云计算的定义为：“……一种计算方式，能通过 Internet 技术将可扩展的和弹性的 IT 能力作为服务交付给外部用户。”

这个定义对 Gartner 公司 2008 年的原始定义做了一点修订，将原来的“大规模可扩展性”修改为“可扩展的和弹性的”，这表明了可扩展性与垂直扩展能力相关的重要性，而不仅仅与规模庞大相关。

Forrester Research 公司联合美国国家标准与技术研究院（NIST）定义的“云计算”含义为：“……一种标准化的 IT 性能（服务、软件或者基础设施），以按使用付费和自助服务方式，通过 Internet 技术进行交付。”互联网业界人士非常认可 Forrester Research 公司给出的“云计算”定义。2011 年 9 月，NIST 根据评审意见和企业的观点，公布了“云计算”的修订版定义：“云计算是一种模型，可以实现随时随地、便捷地、按需地从可配置计算资源共享池中获取所需的资源（如网络、服务器、存储、应用程序及服务），资源可以快速供给和释放，使管理的工作量和服务提供者的介入降低至最少。这种云模型由五个基本特征、三种服务模型和四种部署模型构成。”

三、商业驱动力

（一）容量规划

所谓的容量规划，就是让一个团体对 IT 产品及相关服务的要求得到一定的满足，这个过程就是容量规划。这里的“容量”（capacity）是指在一段给定时间内，一个 IT 资源能够提供的最大工作量。

容量规划会将需求差异最小化，以便帮助系统获得效率和性能。但是，IT 资源容量会降低系统效率，这样就不能满足用户的配置需求。

容量规划策略分为如下三种类型：

- 领先策略——根据预期增加 IT 资源的容量。
- 滞后策略——当 IT 资源达到其最大容量时增加资源容量。
- 匹配策略——当需求增加时，小幅增加 IT 资源容量。

由于需要估计“使用负载”的变化，因此容量规划颇具挑战性。在不过度配置基础设施的同时，要平衡峰值使用需求。例如，资金投入的多少与配置 IT 资源相关，如果最大化配置 IT 资源的负载，那么就必须要投入较高的资金。反之，资金投入数额少，配置 IT 资源负载较少，就容易降低 IT 资源使用限度，导致使用受到限制。

（二）降低成本

IT 成本与业务性能之间的恰好平衡是很难保持的。IT 环境的扩展总是与对其最大使用需求的评估相对应，这可以让不断增加的投资自动支持新的、扩展的业务。大部分所需资金都注入基础设施的扩建中，这是因为给定的自动化解决方案的使用潜力总是受限于底层基础设施的处理能力。

需要考虑的成本分为两种：获得新基础设施的成本和保有其所有权的成本。运营开销在 IT 预算中占了相当大一部分，往往超过了前期投资成本。

常见的与基础设施相关的运营成本有如下几种形式：

- 为保证环境正常运行所需的技术人员；
- 引入额外测试和部署周期的更新和补丁；
- 电源和制冷所需的水电费和资金支出；
- 维护和加强基础设施资源保护的安全和访问控制措施；
- 为跟踪许可证和支持部署安排所需要的行政和财务人员。

持续的内部技术基础设施所有权带来的是沉重责任，这会对企业预算造成多重影响。因此，IT 部门可能成为一个主要的——有时甚至是绝对的——花钱部门，它能潜在地抑制企业的反应能力、盈利能力和总体发展。

（三）组织灵活性

企业需要有适应和进步的能力，以便成功应对由于各种因素而导致的变化。组织灵活性是组织对变化响应程度的衡量。

IT 企业经常需要应对行业变化，通常采取的措施是在原来预期或计划的 IT 资源规模上进行扩展。比如，若预算不足，使得原来的容量规划打了折扣，那么即使预见到使用波动，不足的基础设施也可能妨碍组织对此做出响应。

在其他情况下，变化的业务需求和优先级也会要求 IT 资源具备更高的可用性



和可靠性。比如，即使有足够的基础设施来应对预期的使用波动，也可能由于应用自身的特点降低托管服务器的性能，造成运行异常。由于在基础设施内缺乏可靠性控制，所以对用户或用户需求的响应可能会导致业务的持续性受到威胁。

从更广泛的范围来说，采用新的或是扩展业务自动化解决方案，所需要的预付投资以及基础设施所有权成本可能会使企业望而却步。企业会勉强接受差强人意的 IT 基础设施质量，因而降低企业满足现实世界需求的能力。

更糟的是，企业在审查其基础设施预算后，可能决定完全不采用自动化解决方案，原因是企业无法负担该预算。但是，这种无法应对的结果将使得企业无法紧跟市场需求、对抗竞争压力以及实现其战略目标。

四、技术创新

成熟技术通常是新技术创新的灵感来源，它是新技术创新衍生和建立的实际基础。这里简要介绍对云计算产生主要影响的前期技术。

（一）集群化

集群是一组互联的独立 IT 资源，以整体形式工作。由于集群固有的冗余和容错特性，当其可用性和可靠性提高时，系统故障率就会降低。

硬件集群的一个必备条件是，它的组件系统由基本相同的硬件和操作系统构成。这样，当一个故障组件被其他组件替代后，集群仍能达到差不多的性能水平。构成集群的组件设备通过专用的高速通信链路来保持同步。

内置冗余和故障转移是云平台的核心概念。

（二）网格计算

计算网格（或“计算的网格”）为计算资源提供了一个平台，使其能组织成一个或多个逻辑池。这些逻辑池统一协调为一个高性能分布式网格，有时也称为“超级虚拟计算机”。网格计算与集群的区别在于：网格系统更加松耦合，更加分散。因此，网格计算系统可以包含异构的且处于不同地理位置的计算资源，而集群计算系统一般不具备这种特性。

从 20 世纪 90 年代早期开始，网格计算作为计算科学的一部分，其研究工作一直持续着。

网格计算项目取得的技术成就影响了云计算平台和机制的方方面面，尤其是通用特性，如网络接入、资源池、可扩展性和可恢复性。这些特性均以各自特有的形式呈现在网格计算和云计算中。

比如，网格计算以中间件层为基础，这个中间件层是在计算资源上部署的。这些 IT 资源构成一个网格池，实现一系列负载分配和协调功能。中间层可以包含负载均衡逻辑、故障转移控制和自动配置管理，这些都启发了类似的——有些甚至是更复杂的——云计算技术。因此，有些观点认为云计算是早期网格计算的衍生品。

（三）虚拟化

虚拟化是一个抽象的概念，它是一个技术平台，用于创建 IT 虚拟资源。虚拟化有软件层，在该层物理 IT 资源有多个虚拟映像，用户可以共享其中的处理能力。

虚拟化技术的出现打破了软硬件之间的依赖性，软件不再局限于被绑定在静态的硬件环境中，因为在虚拟环境中运行的仿真软件可以模拟硬件需求。

在一些云特性和云计算机制中能发现现有的虚拟化技术的影子，这些技术启发了云计算的某些核心特性，如虚拟技术便是在云计算的演化中产生的，现代虚拟技术已不再受限于传统虚拟平台的可靠性和扩展性。作为现代云技术的基础，现代虚拟化技术提供了各种虚拟化类型和技术层次。

（四）技术创新与使能技术

其他几个技术也很重要，它们一直都影响着现代云平台技术，这就是云使能技术，包括：

- 宽带网络和 Internet 架构；
- 数据中心技术；
- （现代）虚拟化技术；
- Web 技术；
- 多租户技术；
- 服务技术。

在云计算正式出现之前，每种云使能技术都以某种形式存在着。随着云计算的演进，有些技术更加精进了，有些技术则被重新定义了。

第二节 基本概念与术语

一、云

云（cloud）这个术语用于比喻 Internet，是指一个独特的 IT 环境，设计“云”

的目的是为了给远程提供扩展。总体来说，“云”是由网络构成，主要用于分散 IT 资源，同时进行远程访问。在云计算成为 IT 产业的一部分之前，云符号作为 Internet 的代表，出现在各种基于 Web 架构的规范和主流文献中。现在，同样的符号则专门用于表示云环境的边界。

区分术语“云”、云符号与 Internet 是非常重要的。作为远程供给 IT 资源的特殊环境，云具有有限的边界。通过 Internet 可以访问到许多单个的云。

Internet 提供了对多种 Web 资源的开放接入，与之相比，“云通常是私有的，而且对提供的 IT 资源的访问需要计量。

Internet 主要提供了对基于内容的 IT 资源的访问，这些资源是通过万维网发布的。对于由云环境提供的 IT 资源来说，主要提供的是后端处理能力和对这些能力进行基于用户的访问。另一个关键区别在于，虽然云通常是基于 Internet 协议和技术的，但它并非必须基于 Web。这里的协议是指一些标准和方法，它们使得计算机能以预先定义好的结构化方式相互通信。而云可以基于任何允许远程访问其 IT 资源的协议。

二、IT 资源

IT 资源是指一个与 IT 相关的物理的或虚拟的事物，它既可以是基于软件的，如虚拟服务器或定制软件程序，也可以是基于硬件的，如物理服务器或网络设备。

定云符号边界中画出的 IT 资源并不代表这个云中包含的所有可用 IT 资源。为了说明一个特定的话题，通常只突出显示一部分 IT 资源。当重点集中在一个问题的某些方面时，就需要特意用抽象图示来表示底层技术架构。这就意味着在图示中只会显示实际技术的部分细节。

三、企业内部的资源

作为一个独特且可以远程访问的环境，云代表了 IT 资源的一种部署方法。处于一个组织边界（并不特指云）中的传统 IT 企业内部承载的 IT 资源被认为是位于 IT 企业内部的，简称为内部的。换句话说，术语“内部的”是指“在一个不基于云的可控的 IT 环境内部的”，它和“基于云的”是对等的，用来对 IT 资源进行限制。一个内部的 IT 资源不可能是基于云的，反之亦然。

有三点需要注意：

- 一个内部的 IT 资源可以访问一个基于云的 IT 资源，并与之交互；
- 一个内部的 IT 资源可以被迁移到云中，从而成为一个基于云的 IT 资源；

•IT 资源既可以冗余部署在内部的环境中，也可以在云环境中。

如果在私有云中难以区分是企业内部的 IT 资源还是基于云的 IT 资源，那么就需要使用明确的限定词。

四、云用户与云提供者

云提供者（cloud provider）是指在“云”的基础上提供 IT 资源的一方，云用户（cloud consumer）是指在“云”的基础上 IT 资源的一方。这两个术语通常代表的是与云及相应云供应合同相关的组织所承担的角色。

五、可扩展性

从 IT 资源角度分析，可扩展是 IT 资源可以处理增加或减少的使用需求的能力，可分为水平扩展和垂直扩展两种类型。

（一）水平扩展

在云环境中，水平扩展是一种常见的扩展形式，是分配和释放 IT 资源，即水平的扩展有外向与向外扩展之分，水平分配资源时称为向外扩展，水平释放资源称为向内扩展。

（二）垂直扩展

垂直扩展在云环境中不常见，现有 IT 资源被具有更大或更小容量的资源所代替，则为垂直扩展。当大容量 IT 资源代替时是向上扩展（scaling up），当小容量 IT 资源代替时是向下扩展（scaling down）。要注意的是，垂直扩展在交换时必须停机。

六、云服务

虽然云是可以远程访问的环境，但并非云中所有 IT 资源都可以被远程访问。比如，一个云中的数据库或物理服务器有可能只能被这个云中的其他 IT 资源访问。而有公开发布的 API 的软件程序可以专门部署为允许远程客户访问。

云服务（cloud service）是指任何可以通过云远程访问的 IT 资源。与 IT 领域中的其他服务技术（如面向服务的架构）不同，云计算中“服务”一词的含义非常宽泛。一般来说，云服务可以看作一个 Web 程序，使用消息协议就可以调用其技术接口。

云计算向客户端提供远程使用功能，并为 IT 资源提供服务形式。现在已经出

现了多种通用云服务类型的模型，其中大部分都以“作为服务”（as-a-service）作为后缀。

第三节 角色与边界

依照它们与云以及承载云的 IT 资源之间的关系和 / 或如何与它们进行交互，组织机构与人可以担任不同类型的、事先定义好的角色。每个角色参与基于云的活动并履行与之相关的职责。

一、云提供者

提供基于云的 IT 资源的组织机构就是云提供者。如果角色是云提供者，则该组织机构要依据每个 SLA 保证，负责向云用户保证云服务可用。云提供者还有一个任务就是必要的管理和行政职责，保证整个云基础设施的持续运行。

云提供者通常拥有 IT 资源，这些 IT 资源可供云用户租用。不过，有些云提供者也会“转售”从其他云提供者那里租来的 IT 资源。

二、云用户

云用户是组织机构（或者人），他们与云提供者签订正式的合同或者约定来使用云提供者提供的可用的 IT 资源。具体来说，云用户使用云服务用户来访问云服务，如图 1-1 所示。

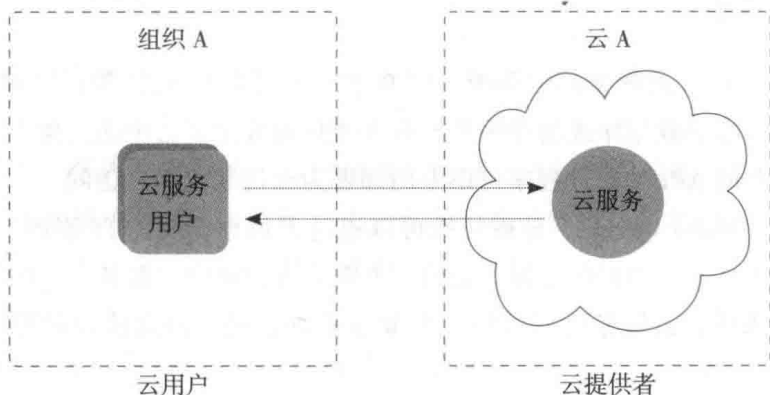


图 1-1 云用户（组织 A）与来自云提供者（拥有云 A）的云服务进行交互